

# DIVERSITE DES BOIS DANS LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

## PROPRIETES IMPORTANTES, ET QUELQUES ASPECTS DE LEURS ORIGINES STRUCTURALES



Iris BREMAUD\*, Laurence MONDOLOT-COSSON\*\*, Jean GERARD\*\*\*, Bernard THIBAUT\*

\*:LMGC-Bois, CNRS-UMI, Place E. Bataillon, cc048, 34095 MONTPELLIER CEDEX5, FRANCE

\*\* : Laboratoire de Botanique, Phytochimie et Mycologie, faculté de Pharmacie, Université Montpellier I.

\*\*\*: CIRAD Forêt, Programme Bois;



### DEMARCHE:

Ce poster présente une approche de gestion de la diversité des bois utilisés - ou utilisables - dans la fabrication d'instruments de musique. Si l'on considère les différents types et parties d'instruments, les propriétés matérielles impliquées sont très différentes, de mécaniques/acoustiques à physiques. De même, de nombreuses essences de bois sont concernées, et ce d'autant plus si l'on se penche sur des instruments de différentes cultures.

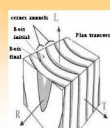
L'un des objectifs de notre travail est de mieux connaître les espèces qui sont utilisées (pour une partie donnée d'un instrument donné), les raisons pour lesquelles elles sont choisies, et leurs propriétés matérielles. Ceci, dans le but de finalement mettre au point une base de données spécifique qui pourrait servir comme outil de sélection de matériaux pour les facteurs d'instruments. Quelques idées sous-jacentes à cet élargissement de la gamme des essences sont: trouver des essences de remplacement lorsque l'approvisionnement devient problématique pour les essences « traditionnelles »; une aide pour le choix d'un bois approprié lors de la modification d'un design ou la création d'une nouvelle forme ou instrument; et enfin une possible valorisation d'essences forestières peu connues.

Les propriétés viscoélastiques (amortissement des vibrations) et hygroscopiques du bois sont particulièrement importantes dans les instruments de musique. Ces propriétés peuvent être expliquées par la structure et la composition chimique du bois. Cependant, dans le cas de nombreux bois préférés en facture instrumentale, souvent, la composition polymérique « standard » du bois n'est plus suffisante pour décrire le comportement observé. Pour de tels bois, l'origine de faibles amortissements et retraits (de séchage) peut être recherchée au niveau de composés chimiques « secondaires », ou « extractibles », de faible poids moléculaire, et de natures chimiques variées.

### DIVERSITE DES PARAMETRES

- E/p (Module d'Young spécifique)
- Degré d'anisotropie
- Tan $\delta$  (amortissement/facteur de perte)
- Stabilité (faibles retraits/gonflements)
- Dureté
- Grain serré
- Couleur et divers: esthétique, aptitude à l'usinage et au formage

### RELATIONS STRUCTURE-PROPRIETES: CAS « STANDARD »



➤ Alternance de couches concentriques de forte/faible densité (espèces de zones tempérées)

➤ Effet global de la longueur de cernes sur les propriétés du bois: différent entre résineux et feuillus



➤ Paroi cellulaire: multicouche

➤ Chaque couche: microfibrilles de cellulose incluses dans une « matrice »

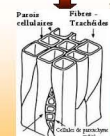
➤ Microfibrilles de cellulose: cristallines, très rigides axialement (E:100GPa), non visqueuses, non hygroscopiques

➤ « Matrice », viscoélastique, « molle » (E:10GPa), hygroscopique

➤ Angle des microfibrilles par rapport à l'axe de la cellule:

➤ Faible: forte rigidité, et faible amortissement, en direction axiale; fort degré d'anisotropie;

➤ Elevé: plus faible rigidité, et amortissement plus élevé, en direction longitudinale; plus faible anisotropie.



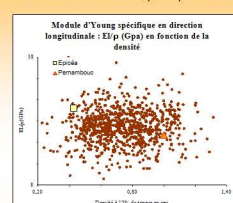
➤ Plus de cellules « fibres », à parois plus épaisses: matériau plus dense (et plus rigide). Mais aussi, plus de matière susceptible de gonfler ou de se rétracter avec les variations d'humidité...

➤ Plus de rayons ligneux, plus larges: plus faible anisotropie Longitudinal/Radial



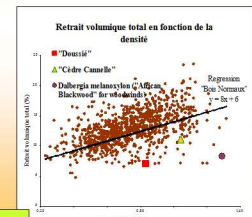
### DIVERSITE DE COMPORTEMENTS ENTRE ESSENCES

Environ 1000 essences, principalement tropicales, caractérisées dans la base de données du CIRAD-Forêt



➤ « Normalement », E/p est corrélé négativement avec le tan $\delta$  en direction L; et négativement à l'angle des microfibrilles

➤ Mais: Pannambouc/archets: E/p modéré, amortissement particulièrement faible...



➤ « Normalement » plus le bois est dense, plus il y a de matière susceptible d'absorber de l'eau, plus le retrait volumique est élevé.

➤ Mais: « Ebène du Mozambique »/African Blackwood (instruments à vent): un des bois les plus denses, pourtant avec de très faibles retraits...

➤ Nous avons choisi deux essences de bois denses, avec des retraits bien inférieurs à la régression « bois normaux ».

Sélection de deux essences potentiellement intéressantes

### RESULTATS EXPERIMENTAUX SUR DEUX ESSENCES:

#### Caractérisation:

- 5 arbres par espèce; 4 éprouvettes de chaque
- Modules d'Young spécifiques, et amortissements, en direction Longitudinale, ont été déterminés par des méthodes en « vibrations libres » (Févoine). Les tan $\delta$  ont été mesurés dans la gamme de fréquences 40Hz - 2800Hz (cinq modes propres pour une barre mince encastrée-libre)

Essences	rho (g/cm <sup>3</sup> )	Propriétés Mécaniques/physiques					Couleur		Retraits	
		E <sub>sp</sub> (GPa)	E <sub>sp</sub> (GPa)	Tan $\delta$	L	a	b	Radial	Longitudinal	Transverse
Cèdre canelle	mo	1.04	27.11	11.44	9.88E-03	45.53	14.13	18.56	4.89	8.08
	et	0.04	2.55	1.96	3.12E-03	1.65	0.96	1.40	1.23	1.09
Doussié	mo	0.83	24.34	15.73	7.10E-03	56.96	17.72	27.19	2.99	4.29
	et	0.05	2.76	3.15	2.97E-04	1.63	0.35	0.54	0.44	0.53

A titre de comparaison...

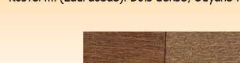
Quelques bois « classiques » pour guitare classique:

Essence	rho (g/cm <sup>3</sup> )	E <sub>sp</sub> (GPa)	Tan $\delta$
Calceolaria nigra	0.86	18.10	5.83E-03
Calceolaria latifolia	0.78	17.40	7.37E-03
Prunus avia	0.43	26.10	6.86E-03
Thuja plicata	0.35	20.70	4.84E-03

➤ « Doussié »: *Azela bipendensis* Harms. (Caesalpinaceae). Bois moyennement dense à dense; Afrique de l'Ouest



➤ « Cèdre canelle »: *Licaria cayennensis* Kosterm. (Lauraceae). Bois dense; Guyane Française



#### Observations sur la nature et la distribution des composés secondaires

- **Flavonoïdes**, + réactif de NEU, → forte fluorescence jaune/vert en lumière UV
- **Tanins** (catéchiques), + réactif DMCA, → apparaissent verts en lumière visible

#### Flavonoïdes et tanins extraits de nos éprouvettes



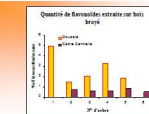
- Nombreux flavonoïdes, en bonne quantité
- Deux monomères de tanins en quantité, presque pas de polymères extraits
- Petites quantités de plusieurs composés fluorescents qui ne réagissent pas avec le NEU
- Très petite quantité d'un monomère de tanin

#### Distribution cellulaire



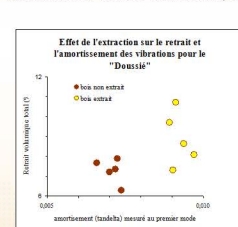
- Aucune réaction dans les fibres ou les parois; plusieurs composés « huileux » fluorescents - qui ne réagissent pas avec le « NEU » - dans les parenchymes

#### Teneur en flavonoïdes



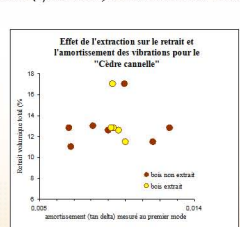
#### Effet de l'extraction de certains composés secondaires du bois sur les propriétés mesurées

Extraction dans l'acétone-méthanol-eau; rendement d'extraction sur matériel solide (éprouvettes) ≈ 30% de celui sur matériel broyé



Sur le bois de Doussié, l'extraction a provoqué:

- Une augmentation marquée, à la fois
- Du retrait volumique (augmentation moyenne +22.5%)
- De l'amortissement (à 40Hz, augmentation moyenne + 27%)
- Pas d'effet marqué sur les fréquences propres/modules d'Young spécifiques Longitudinaux.



Sur le bois de «Cèdre Canelle », après application des mêmes protocoles d'extraction, aucune modification nette n'a pu être observée, ni sur les retraits, ni sur les amortissements, ni sur les modules d'Young spécifiques

➤ Aussi bien l'amortissement que le retrait sont nettement augmentés après extraction pour l'espèce dont les parois cellulaires sont imprégnées de tanins et de flavonoïdes, ceux-ci étant assez efficacement extraits du bois massif.

➤ Pas de modifications notables observables sur le Cèdre canelle, bien que soumis au même traitement: semble confirmer que la méthode en elle-même n'est pas responsable des effets observés sur le Doussié.

### PERSPECTIVES:

#### ➤ Comportements Viscoélastique/hygroscopique des bois en relation avec leur contenu en extractibles:

- Mesures d'amortissement des bois dans plusieurs conditions d'humidité; sur une gamme de fréquence plus étendue;
- Effet de l'extraction avec des solvants de différentes polarités; Caractérisations chimiques et histochimiques plus poussées.

#### ➤ Constitution d'une base de données de bois spécifique pour la facture instrumentale

- Concertation « Sciences du Bois/Acoustique Musicale » afin de mieux déterminer le rôle du bois dans le comportement de l'instrument fini;
- Recensement des bois employés dans différentes cultures et époques: Contacts: avec des collections patrimoniales ou « ethnographiques »; avec des musicologues/organologues; avec les facteurs d'instruments;
- Implémenter la base de données du CIRAD avec des propriétés « acoustiques » (amortissements...) et « esthétiques » (couleur, grain, figure...)